

최근의 전동기 기술

구 대 현

(한국전기연구원 메카트로닉스연구그룹 책임연구원)

전동기는 전자계 현상을 이용하여 전기에너지를 회전, 또는 직선 운동에너지로 변환시켜주는 일종의 에너지 변환장치로서 개발된 지 100년 이상의 긴 역사를 가지고 있으며, 그동안 특성 향상, 소형, 경량화, 저소음, 저진동화, 가격 저감 등이 실현되어 가정용에서 산업용까지 다양한 용도의 구동용으로 가장 널리 사용되고 있다.

본 고에서는 그동안 한국전기연구원에서 주로 연구 개발되어 온 산업용 전동기(고속전동기, 고효율 유도전동기, 횡자속 전동기)를 중심으로 최근의 기술동향을 살펴보고자 한다.

1. 고속전동기

일반 산업용 전동기의 최고 속도는 2극기의 경우 최대 3600(rpm)이며, 이러한 일반 산업용 전동기의 최고속도를 초과할 때 고속전동기라고 이야기 할 수 있다. 산업에서 사용하고 있는 초고속 회전(20,000~100,000rpm)을 요구하는 기기는 대부분 일반용 산업전동기(1,800~3,600 rpm)의 뒷단에 증속 기어를 이용하여 고속회전을 얻고 있으나, 이러한 고속시스템에서는 증속기어에서 발생하는 소음, 효율저감, 중량, 기어오일 냉각, 윤활 및 사용 공간 필요 등에서 많은 단점을 가지고 있다.

그림 1과 같이 초고속을 요구하는 기기의 동력원이 기어를 사용하지 않고 직접 고속화 된다면 기존의 단점들을 보완할 수 있을 뿐만 아니라 소형·경량, 저소음, 고신뢰성, 고효율화를 달성할 수 있어 현재 선진국에서는 고속전동기 관련 연구를 활발히 진행하고 있으며, 산업전반의 응용분야에서 30000~120000rpm의 속도범위, 출력은 3~

200kW급의 고속 전동기를 개발하여 기존의 고속시스템을 대체해 가고 있는 실정이다.

이러한 고속 전동기는 기존의 일반 전동기와는 달리 새로운 전자기재료(예 : 희토류 영구자석, 자성재료)와 비접촉식 베어링(유체, 공기, 자기베어링 등) 및 전력전자 기술 발전에 따라 전동기의 손실을 줄이고, 고효율, 소형·경량, 고속 및 고출력을 얻고 있으며, 전자계 시스템설계, 열해석,

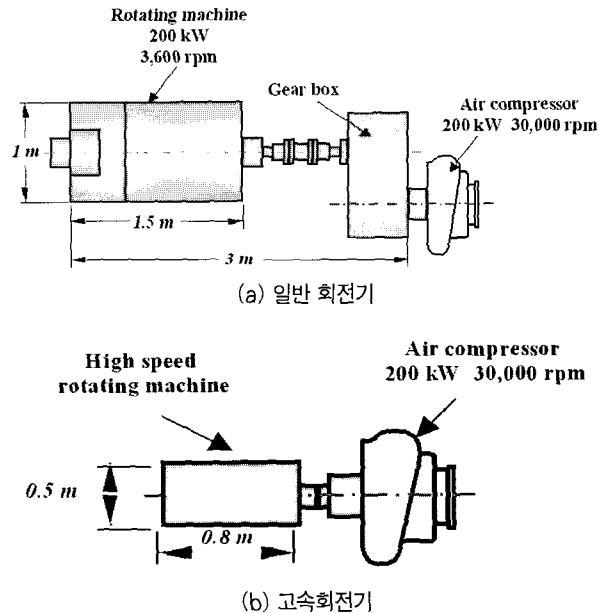


그림 1 고속회전기 응용사례(터보공기압축기:효율 10%향상 및 체적 90% 저감)

냉각설계, 구조·진동설계, 착자기술, 정밀가공 및 조립기술, 전력변환기술 및 제어기술, 시험기술 등이 결합된 종합적인 기술개발이 요구된다.

2. 산업용 유도전동기

유도전동기는 개발된 지 100년 이상의 역사를 가지고 있으며 그동안 특성 향상, 소형, 경량화, 저소음, 저진동화, 가격 저감 등이 실현되어 가정용에서 산업용까지 다양한 용도의 구동용으로 가장 널리 사용되고 있다. 지난 수십 년간의 유도전동기 기술을 살펴보면 1930년대 NEMA 445 프레임의 50 마력 출력 전동기가 지금은 200마력의 출력을 내고 있으며, 이러한 유도전동기의 기술 발전은 설계기술, 재료기술, 가공기술, 전력변환 기술 등 전동기 관련 요소기술의 진보에 기인하고 있다.

또한 최근 배럴당 70달러가 넘는 초고유가 시대로 접어들면서 화석에너지 자원의 한계에 대한 인식, 이산화탄소 과다 방출에 의한 지구 온난화 문제가 심각히 대두됨에 국내 외적으로 전동기의 효율을 향상시키기 위한 연구가 활발히

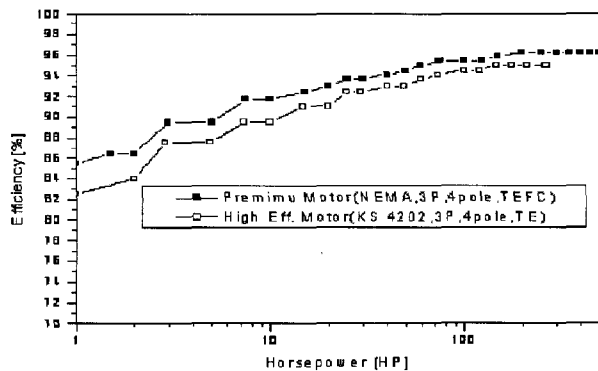
진행되고 있으며 특히 산업용 전동기의 대부분을 차지하는 유도전동기의 고효율화에 대한 관심이 집중되고 있다.

고효율 유도전동기는 일반 유도전동기의 발생 손실을 저감시킨 것으로 적은 소비전력으로 에너지를 절약하고, 운전 비용이 낮아서 단기간에 초기 설비투자 비용회수가 가능하고, 온도상승이 크지 않아 전동기 수명을 연장시킬 수 있다. 유도전동기의 효율을 향상시키기 위해서는 손실 저감을 위한 설계가 필수적이나 유도전동기의 손실은 복합적이고 세부적으로는 아직 그 발생기구가 명확하지 않아 고정밀 예측 및 실험이 어려우며, 경험적인 추정치 주류를 이루고 있다.

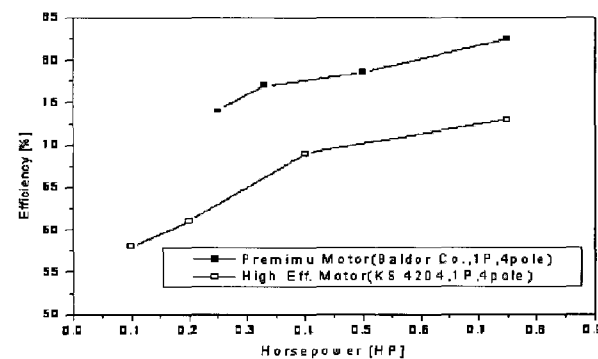
유도전동기의 손실은 크게 1차, 2차 동손, 철손, 표류손, 기계손으로 나눌 수 있다. 동손은 도체에 전류가 흐름으로써 발생하는 줄열이며 동손을 저감시키기 위해서는 도체 저항의 저감이 최대 포인트가 된다. 철손은 적층된 전기강판에 외부에서 회전자계가 인가되어 발생하는 손실로 와전류 손실과 히스테리시스 손실로 이루어져 있다. 표류손은 전동기 총입력 에너지에서 출력 및 1차 2차 동손, 철손, 기계손을 뺀 나머지 손실로서 부하시의 고조파 동손, 고조파 자속에 의한 철손 등이 복합된 손실로서 아직 명확히 규명되고 있지 않다. 기계손은 전동기 운전 중의 베어링 마찰손, 냉각 팬의 풍손 등에 의해 발생하는 손실이다. 따라서 효율 향상은 근본적으로 손실을 저감하는 설계 및 해석기술을 바탕으로 저철손 전기강판, 동다이캐스팅 회전자 등 새로운 재료 및 최적설계가 뒷받침 되어야 보다 좋은 고효율 전동기를 만들 수 있다.

미국을 비롯한 선진국에서는 90년대 초부터 고효율 유도전동기에 대한 규격 및 법률을 제정하여 최저효율제를 시행해 오고 있으며 교토의정서 발효를 계기로 선진 각국에서는 이산화탄소 배출 저감을 위한 효과적인 방안으로서 전동기 고효율화에 대한 기준을 더욱 강화하고 있는 실정이다.

국내에서도 고효율 에너지 기자재 인증 및 장려금 지원 등 자발적 고효율 유도전동기 보급정책을 시행해 오고 있으나 가시적인 성과를 얻지 못하고 있는 실정으로 현재 고효율 유도전동기의 시장점유율은 10% 미만으로 추산되고 있고 고효율 유도전동기의 보급을 활성화하기 위한 대책으로서 국내에서도 선진국의 경우와 마찬가지로 고효율 유도전동기의 생산, 판매를 의무화 하는 최저효율제(Minimum Energy Performance Standards)를 2008년부터 본격적으로 시행할 예정이다. 향후 지구온난화 방지 및 온실가스 저감 등으로 각종 에너지 절약 정책은 현재보다 더욱 강화될 것으로 예상되고 이와 더불어, 산업용 전동기의 대부분을 차지하고 있는 유도전동기의 효율도 꾸준히 향상될 것으로 예상된다.



(a) 3상 유도전동기 (KS 및 NEMA)



(b) 단상유도전동기 효율 비교 (KS 및 Baldor사)

그림 2 고효율 유도전동기 효율 비교

3. 횡자속 전동기

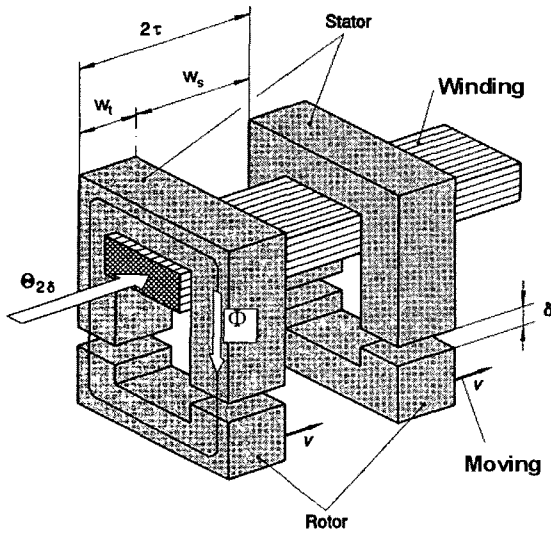


그림 3 횡자속 전동기 모델

전동기는 자속방향에 따라 종축형 또는 횡축형으로 나눌 수 있는데, 자속의 이동방향과 전동기의 이동방향이 같은 경우 종축형 전동기라 하고 그림 3과 같이 자속방향이 전동기의 이동방향과 횡방향인 경우 횡자속 전동기라 한다. 횡자속 전동기는 이동자와 같은 방향으로 전류가 흐르는 형태로 구성되며, 극간격의 크기를 작게 설계할 수 있기 때문에 높은 출력밀도를 얻을 수 있으며, 기존의 종자속 전동기에 존재하는 오버행이 없는 링 형태의 권선으로 권선의 양을 줄일 수 있어 효율을 높일 수 있을 뿐만 아니라 전동기의 제작을 줄일 수 있는 구조를 가지고 있다.

횡자속 전동기는 풍력발전, 전기추진선박, 선형 이송장치와 같이 고토크 및 고추력을 필요로 하는 응용분야에서 연구가 활발히 진행되고 있다. 선형이송장치의 경우 회전기와 기계적 동력 변환 장치를 결합하여 사용하는 경우가 대부분으로 동력 전달 과정에서 제어의 정밀도, 유지 보수 및 소음 진동 등의 문제점을 가지고 있으며, 특히 고부가가치의 반도체 및 LCD 이송 장치에서는 회전기를 사용할 경우 동력 전달 과정에서 발생하는 미세입자 및 분진 등으로 인해 청정도를 유지하기가 어렵다.

이에 비해 선형전동기는 회전형 전동기의 고정자와 회전자를 펼친 형태로 기존 회전기와 동력변환장치 (랙-피니언이나 벨트)가 결합된 시스템에 비하여 직접 동력을 전달함으로써 전체적인 구조를 간략화 할 수 있는 큰 장점을 지니고 있으므로 현재 전동기 관련 재료의 발전 및 전력용 반도체 개발과 더불어 새로운 설계 개념을 도입한 고효율, 고�출력 선형 전동기 개발이 요구되고 있다. ㉑

참고 문헌

- [1] 일본 전기학회 기술보고 제749호, ISSN 0919-9195, “超高速 드라이브 技術”, 1999.
- [2] Kaevenin J., “Future Perspectives of Electrical Machines and Market Trends”, Procc. of ICEM, 2000 Espoo, Finland, pp.1-4.
- [3] 日經産業新聞, “특집 21세기의 신기술, 신시장조사”, 1999.
- [4] “Copper Motor Rotor”, Copper Development Association Inc. Editors: J. Cowie, Vol. 5, Issue 3, August 2005.
- [5] F. Brush, J. G. Cowie, D. T. Peters, and D. J. Van Son, “Die-Cast Copper Motor Rotors: Motor Test Results, Copper Compared to Aluminum” Energy Efficiency in Motor Driven Systems, Editors: F. Parasiliti, P. Bertoldi, Springer, 2004, pp.136-143.
- [6] 고효율 전동기의 최저효율제 시행방안 기초연구에 관한 최종보고서, 에너지관리공단, 2004.
- [7] 산업부문의 고효율유도전동기 보급실태 조사 및 활성화 방안 연구, 에너지경제연구원, 2003.
- [8] IEC 60034-2, “Methods for Determining Losses and Efficiency of Rotating Electrical Machinery from Test” 1972.
- [9] Weh, H. : Permanentmagneterregte Synchronmaschinen hoher Kraftdichte nach dem Transversalflußkonzept. etzArchiv Bd. 10 (1988), H.5, S.143-149.
- [10] Weh, H : Linear Electromagnetic Drives in Traffic Systems and Industry. The First International Symposium on Linear Drive for Industry Applications, Nagasaki(Japan), 1995.
- [11] “선형 고풍력 추진시스템 개발”, 연구보고서, 과학기술부, 1998.

〈 저 자 소 개 〉



구대현(具大鉉)

1963년 9월 21일생. 1989년 한양대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년 동아대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 한국전기연구원 메카트로닉스연구그룹 책임연구원.